



20.15.06014

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 62 534 A 1

51 Int. Cl. 7:  
F 04 D 27/00  
F 01 P 7/02

21 Aktenzeichen: 100 62 534.7  
22 Anmeldetag: 15. 12. 2000  
43 Offenlegungstag: 12. 7. 2001

DE 100 62 534 A 1

30 Unionspriorität:  
172184 17. 12. 1999 US

71 Anmelder:  
Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US

74 Vertreter:  
Wagner, K., Dipl.-Ing.; Geyer, U., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538 München

72 Erfinder:  
Dicke, Paul A., Peoria, Ill., US; Algrain, Marcelo C.,  
Peoria, Ill., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- 54 Doppelventilatorsteuersystem und -verfahren  
57 Ein Steuersystem und ein Verfahren zur Steuerung der Drehzahl einer Vielzahl von Ventilatoren zur Kühlung einer Vielzahl von Strömungsmitteln in einer Arbeitsmaschine wird offenbart, wobei die Drehzahl von jedem Ventilator gemäß der einzelnen Wärmeableitungsanforderungen der speziellen Wärmeübertragungskern gesteuert wird, die von diesem speziellen Ventilator versorgt werden, wobei das vorliegende Steuersystem eine Vielzahl von Sensoren aufweist, die positioniert sind, um die Temperatur von jedem der Vielzahl von Strömungsmitteln abzufühlen, wobei jeder Sensor betreibbar ist, um ein Signal auszugeben, das die Temperatur dieses speziellen Strömungsmittels anzeigt, und eine elektronische Steuervorrichtung, die mit der Vielzahl von Sensoren gekoppelt ist, um Signale davon aufzunehmen, die die Temperatur von jedem der Vielzahl von Strömungsmitteln aufnehmen. Basierend auf diesen Temperatursignalen kann das elektronische Steuermodul einen entsprechenden Temperaturfehler für jedes dieser Strömungsmittel bestimmen, und basierend auf diesen Temperaturfehlersignalen und basierend auf einer gewissen in das elektronische Steuermodul einprogrammierten Logik, gibt die Steuervorrichtung ein Signal an jeden der Vielzahl von Ventilatoren aus, um individuell ihre Drehzahl zu steuern, wobei jedes Ausgangssignal eine erwünschte Ventilatordrehzahl für diesen speziellen Ventilator anzeigt, und zwar basierend auf einen Vergleich von mindestens einigen der Temperaturfehlersignalen, die aus ...

DE 100 62 534 A 1

Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf Steuersysteme und Verfahren für Arbeitsmaschinen und insbesondere auf ein System und ein Verfahren zur Steuerung des Betriebs einer Vielzahl von Ventilatoren, die in einer Anordnung positioniert sind, um eine Kühlung für eine Vielzahl von Wärmeübertragungskernen vorzusehen, die dort herum positioniert sind.

## Technischer Hintergrund

Bau- und Erdbewegungsausrüstungsgegenstände genauso wie eine große Vielzahl von anderen Arten von Arbeitsmaschinen werden gewöhnlicherweise in einer großen Vielzahl von Bau- und Erdbewegungsanwendungen verwendet. Wärme ist ein natürliches Nebenprodukt des Motors und von anderen funktionellen Ausrüstungsgegenständen, die mit Arbeitsmaschinen assoziiert sind, und muß daher wirkungsvoll dissipiert bzw. abgeleitet werden, um den Motor und die anderen Ausrüstungsgegenstände innerhalb ordnungsgemäßer Betriebstemperaturgrenzen für optimale und fortgesetzte andauernde Leistung zu halten. Als eine Folge wird eine große Vielzahl von unterschiedlichen Arten von Kühlsystemen verwendet, um diese Aufgabe auszuführen. Eine gesteuerte Wärmeableitung durch ein ordnungsgemäß gesteuertes Kühlsystem optimiert die Leistung der gesamten Arbeitsmaschine genauso wie die Leistung der funktionellen mechanischen Komponenten, die damit assoziiert sind.

Die Anwendung von einem oder mehreren Ventilatoren zur Kühlung einer Vielzahl von Wärmeübertragungskernen in einer Arbeitsmaschine ist ziemlich üblich. Wenn ein einziger Ventilator verwendet wird, ist ein solcher Ventilator typischerweise in Reihe mit einer Vielzahl von Wärmetauscherkernen eingebaut. Solche Ventilatorkonfigurationen des Standes der Technik behindern typischerweise eine optimale Wärmeableitung und eine optimale Positionierung der Wärmetauscherkerne und beeinflussen nachteilig den Wirkungsgrad und die Balance der gesamten Maschine. Solche Konstruktionen des Standes der Technik tragen auch zu der Gesamtgröße der Maschine bei, die minimal gehalten werden soll, und zwar aufgrund von Raumbegrenzungen genauso wie aufgrund von Sichteinschränkungen für den Bediener durch die Abmessungen. In dieser Hinsicht ist die Packlänge des Kühlsystems typischerweise durch die achsiale Beabstandung der Leistungsstrangkomponenten begrenzt, und die Breite eines solchen Systems ist typischerweise durch die bestehenden Rahmenschienenabmessungen begrenzt. Eine solche serielle bzw. Reihenpositionierung der Wärmetauscherkerne macht es auch schwierig, Abrieb bzw. Schmutz herauszuwaschen, der von dem Luftfluß getragen wird und in die Finnen der verschiedenen in Reihe positionierten Wärmetauscherkerne geblasen wird. Auf den Finnen angesammelter Schmutz isoliert die Wärmeübertragung dorthin, wodurch nachteilig die Leistung und der Wirkungsgrad der Wärmeableitungsausrüstungsgegenstände und der gesamten Maschine beeinflußt wird.

Die Verwendung eines einzigen Ventilators, um eine Vielzahl von Wärmetauscherkernen zu kühlen, erfordert auch die Anwendung eines Ventilators mit größerem Durchmesser, um die notwendige Kühlung zu erreichen. Dies bringt typischerweise eine größere achsiale Länge mit sich, da die Ventilatortiefe typischerweise mit der Ventilatorgröße ansteigt. Diese Anordnung kommt genauso zur Gesamtgröße des Kühlsystems und der Maschine hinzu.

Wenn eine Vielzahl von Ventilatoren verwendet wird, um eine Vielzahl von Wärmetauscherkernen zu kühlen, werden diese Ventilatoren gewöhnlicherweise vom Motor der Arbeitsmaschine mit einem Riemenantrieb oder mit einem anderen Mechanismus angetrieben, wodurch die Ventilator-drehzahl eine direkte Funktion der Drehzahl des Arbeitsmaschinenmotors ist. Bei solchen Ventilatorsteuersystemen des Standes der Technik, kann eine Kühlung der Wärmetauscherkerne auch auftreten, wenn die Kühlung nicht erwünscht ist. Keine Drehzahlverringierungsfähigkeit, wenn keine Kühlung erforderlich ist, verbraucht unnötige Leistung, die für nützliche Arbeit verwendet werden könnte. Zusätzlich tendieren die meisten Ventilatoren dazu, unnötiger Weise bei kaltem Wetter zu laufen, was dazu tendiert, Strömungsmittel wie Hydrauliköl, Getriebeöl und Motor-kühlmittel zu überkühlen. Typischerweise kann eine unerwünschte Kühlung zu irgendeinem Zeitpunkt auch bewirken, daß die von den Wärmeübertragungskernen transportierten Flüssigkeiten einen unerwünscht überkühlten Zustand erreichen. Wenn dies auftritt, wird die Leistung der Arbeitsmaschine nicht nur verschlechtert, sondern der Betrieb des Kühlsystems unter solchen Umständen ist unnötig, uneffizient und hat unnötigen Brennstoffverbrauch und verschwendete Leistung zur Folge. Neben der Verursachung von unnötigem Brennstoffverbrauch trägt ein unerwünschter Ventilatorbetrieb zu den Geräuschemissionen der gesamten Arbeitsmaschine bei. Weiterhin werden die funktionellen Komponenten, die von dem Strömungsmittel in einem überkühlten Wärmeübertragungskern versorgt werden, ebenfalls überkühlt, was sowohl Probleme bezüglich der Zuverlässigkeit als auch bezüglich der Leistung für diese Komponenten verursacht, und daher für die gesamte Arbeitsmaschine.

Obwohl bekannte Steuersysteme zur Kühlung von Wärmeübertragungskernen Mittel einsetzen, um den Betrieb der Kühlventilatoren basierend auf gewissen Temperaturzuständen zu steuern, die mit den Wärmeübertragungszuständen assoziiert sind, die mit den Wärmeübertragungskernen assoziiert sind, sehen solche bekannten Mittel nicht immer die Kühlung des Luftflusses nur im erforderlichen Grade vor, und solche bekannten Mittel sind nicht immer ausreichend ansprechend auf Veränderungen in der Strömungsmitteltemperatur der Wärmeübertragungskerne ohne Temperaturkonstruktionseinschränkungen zu übersteuern. Solche bekannten Systeme verhindern genauso nicht immer die Überkühlung der Strömungsmittel in den jeweiligen Wärmeübertragungskernen, die von ihnen versorgt werden.

Es ist daher wünschenswert, ein Kühlventilatorsteuersystem vorzusehen, das den Betrieb einer Vielzahl von Ventilatoren zur Kühlung einer Vielzahl von Wärmeübertragungskernen in einer Arbeitsmaschine steuern wird, um einen Luftfluß nur im erforderlichen Grad vorzusehen, das auf schnelle Veränderungen der Temperatur des Strömungsmittels in den Wärmetauscherkernen, die von jedem Ventilator versorgt werden, ansprechend genug ist, ohne die Temperaturkonstruktionsgrenzen zu übersteuern, was eine Überkühlung der Strömungsmittel in den jeweiligen Kernen verhindert, die von jedem jeweiligen Ventilator versorgt werden, und was den Brennstoffverbrauch und die Geräuschemissionen der gesamten Arbeitsmaschine minimiert.

Entsprechend ist die vorliegende Erfindung darauf gerichtet, eines oder mehrere der oben dargelegten Probleme zu überwinden.

## Offenbarung der Erfindung

Gemäß eines Aspektes dieser Erfindung wird ein Steuersystem zur Steuerung der Drehzahl einer Vielzahl von Ven-

tilatoren zur Kühlung einer Vielzahl von Strömungsmitteln in einer Arbeitsmaschine offenbart, wobei jedes der Vielzahl von Strömungsmitteln zwischen einer vorbestimmten minimalen Schwellentemperatur und einer vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur betreibbar bzw. benutzbar ist. Das Steuersystem weist eine Vielzahl von Sensoren auf, die positioniert sind, um die Temperatur von jedem der Vielzahl von Strömungsmitteln abzufühlen, wobei jeder Sensor betreibbar ist, um ein Signal auszugeben, das die Temperatur dieses speziellen Strömungsmittels anzeigt, eine elektronische Steuervorrichtung, die mit der Vielzahl von Sensoren gekoppelt ist, um Signale davon aufzunehmen, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um ein Signal von jedem der Vielzahl von Sensoren aufzunehmen, die eine Temperatur von jeder der Vielzahl von Strömungsmitteln anzeigt, wobei die Steuervorrichtung weiter betreibbar ist, um eine erwünschte Ventilatorumdrehzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren zu bestimmen, und zwar basierend auf Signalen, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurden, wobei die Steuervorrichtung ein Signal an jeden der Vielzahl von Ventilatoren ausgibt, um individuell seine Drehzahl zu steuern, wobei jedes Ausgangssignal eine erwünschte Ventilatorumdrehzahl für einen speziellen Ventilator anzeigt, und wobei jedes Ausgangssignal auf einem Vergleich von mindestens einigen der Signalen basiert, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurden.

Gemäß eines weiteren Aspektes dieser Erfindung wird ein Verfahren zur Steuerung der Drehzahl einer Vielzahl von Ventilatoren zur Kühlung einer Vielzahl von Strömungsmitteln in einer Arbeitsmaschine offenbart, wobei jedes der Vielzahl von Strömungsmitteln zwischen einer vorbestimmten minimalen Schwellentemperatur und einer vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur betreibbar bzw. benutzbar ist. Das Verfahren weist die Schritte auf, eine Vielzahl von Sensoren zu positionieren, um die Temperatur von jedem der Vielzahl von Strömungsmitteln abzufühlen, wobei jeder Sensor betreibbar ist, um ein Signal auszugeben, das die Temperatur von diesem speziellen Strömungsmittel anzeigt, eine elektronische Steuervorrichtung mit der Vielzahl von Sensoren zu koppeln, um Signale davon aufzunehmen, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um ein Signal von jedem der Vielzahl von Sensoren aufzunehmen, das eine Temperatur für jedes der Vielzahl von Strömungsmitteln anzeigt, die betriebsmäßige Bestimmung einer erwünschten Ventilatorumdrehzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren basierend auf Signalen, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurde, und zwar unter Verwendung der Steuervorrichtung, und die Ausgabe eines Signals an jeden der Vielzahl von Ventilatoren, um individuell ihre Drehzahl zu steuern, und zwar unter Verwendung der Steuervorrichtung, wobei jedes Ausgangssignal eine erwünschte Ventilatorumdrehzahl für einen speziellen Ventilator anzeigt, und wobei jedes Ausgangssignal auf einem Vergleich von zumindest einigen der Signalen basiert, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurde.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung sei Bezug genommen auf die beigefügten Zeichnungen, in denen die Figuren folgendes darstellen:

Fig. 1 eine Perspektivansicht von einem Ausführungsbeispiel eines Doppelkühlventilators und einer Wärmeübertragungskernanordnung, und zwar aufgebaut gemäß der Lehren der vorliegenden Erfindung, wobei andere Ausrüstungsgegenstände, die mit einer speziellen Arbeitsmaschine assoziiert sind, in gestrichelter Umrandung gezeigt sind;

Fig. 2 eine Perspektivansicht der Kühlvorrichtung, die in

Fig. 1 veranschaulicht ist, die die Zwischenpositionierung der Doppelradialventilatoren mit Bezug zu den Wärmeübertragungskernen abbildet, die an jeder entgegengesetzten Seite der jeweiligen Ventilatoren positioniert ist, wobei der stromaufwärts liegende Wärmeübertragungskern und einige damit assoziierte Leitungen zur Ansicht der Doppelventilatoranordnung entfernt worden sind;

Fig. 3 eine schematische Darstellung von einem Ausführungsbeispiel eines Ventilatorsteuersystems, das gemäß der Lehren der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist;

Fig. 4A und 4B Flußdiagramme, die die Logik zur Bestimmung und Einstellung einer erwünschten Ventilatorumdrehzahl in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen;

Fig. 5 eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen der abgefühlten Umgebungslufttemperatur und einer erwünschten Einlaßsammelleitungsschwellentemperatur für den Luft-Luft-Nachkühlkern in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 6 eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen der abgefühlten Hydrauliköltemperatur und einer entsprechenden Ventilatorumdrehzahl in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 7 eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen der abgefühlten Motorkühlmitteltemperatur und einer entsprechenden Ventilatorumdrehzahl in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 8 eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Einlaßsammelleitungslufttemperaturfehler und einer entsprechenden Ventilatorumdrehzahl in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt; und

Fig. 9 eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen der abgefühlten Getriebeöltemperatur und einer entsprechenden Ventilatorumdrehzahl in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

### Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

Gemäß eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung, wie am besten in den Fig. 1 und 2 gezeigt, sind zwei im wesentlichen identische Radialventilatoren 10 und 12 vertikal aufeinander positioniert, um Wärme abzuleiten, die von dem Motor und von anderen funktionellen Ausrüstungsgegenständen erzeugt wird, die mit einer speziellen Arbeitsmaschine assoziiert sind. Die Radialventilatoren 10 und 12 arbeiten so, daß sie Luft von vorne anziehen und sie radial aus ihren Umfangsseiten ausstoßen. Die Ventilatoren 10 und 12 sind so positioniert und gelegen, daß sie von den Wärmeübertragungskernen 14, 16, 18 und 20 auf drei Seiten davon umgeben werden, wie genauer unten erklärt wird, um wirkungsvoller das gesamte Kühlsystem zu packen, um Raum einzusparen, den Kühlwirkungsgrad zu verbessern und das Geräusch zu verringern.

Insbesondere wird ein Luft-Luft-Nachkühlkern 14 (ATAAC-Kern, ATAAC = air to air aftercooler) stromaufwärts vor den zwei vertikal gestuften Ventilatoren 10 und 12 positioniert, wobei im wesentlichen die gesamte vordere Oberfläche von beiden Ventilatoren verdeckt wird. Diese Anordnung sieht mehr Luftfluß durch alle Teile des Luft-Luft-Nachkühlkerns 14 vor. Ein Motorkühlmittelwärmeübertragungskern 16 ist stromabwärts des Luft-Luft-Nachkühlkerns 14 auf einer Auslaßseite der Ventilatoren positioniert, wodurch der Motorkühlmittelkern 16 Luft aufnimmt, die radial aus gestoßen wird. Ein Ölwärmeübertragungskern mit zwei Abteilen ist stromabwärts des Luft-Luft-Nachkühlkerns 14 auf der entgegengesetzten Auslaßseite der Ventilatoren 10 und 12 positioniert, wobei jedes Ölkernabteil

Luft aufnimmt, das jeweils von einem Ventilator radial ausgestoßen wird. Beispielsweise nimmt das obere Kernabteil 18 Luft vom oberen Ventilator 10 auf und sieht eine Kühlung für das Hydrauliköl vor, während das untere Kernabteil 20 Luft vom unteren Ventilator 12 aufnimmt und eine Kühlung für das Getriebeöl vorsieht. Der Motorkühlmittelkern 16 und die zwei Ölkern 18 und 20 nehmen Luft parallel von den Ventilatoren 10 und 12 auf, und die Kerne sind mit Kerndichten konstruiert, die einen gleichmäßigen Ventilatorluftdruckabfall auf beiden Auslaßseiten der Ventilatoren 10 und 12 ergeben, wodurch eine gleichmäßige Luftflußbelastung auftritt. Jeder Ventilator wird vorzugsweise unabhängig angetrieben, wodurch gestattet wird, daß die Drehzahl von jedem Ventilator gemäß der getrennten Wärmeableitungsanforderungen der speziellen Wärmeübertragungskerne gesteuert wird, die von diesem speziellen Ventilator bedient werden. Abdeckmittel oder andere Leitungsmittel, die sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts der Ventilatoren getrennt von den zwei Ventilatorluftflußströmen positioniert sind, um eine interne Rückzirkulation zu verhindern, wenn die Ventilatoren 10 und 12 mit unterschiedlichen Drehzahlen arbeiten, sind vorgesehen.

Gemäß eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung, wie in Fig. 3 veranschaulicht, wird der Betrieb der Ventilatoren 10 und 12 durch ein elektronisches Steuermodul (ECM) 22 gesteuert, oder durch eine andere Steuervorrichtung oder Prozessormittel, die Signale aufnehmen und ausgeben können, wie im folgenden erklärt wird. Elektronische Steuervorrichtungen oder Module, wie beispielsweise das elektronische Steuermodul 22 werden gemeinsam in Assoziation mit Arbeitsmaschinen verwendet, um verschiedene Funktionen und Aufgaben zu steuern und zu erreichen, einschließlich der Überwachung und Steuerung einer großen Vielzahl von Motorfunktionen, wie beispielsweise der Motordrehzahl, der Motorbelastung, der Geschwindigkeit bzw. Drehzahl von verschiedenen Motoren, der Brennstoffeinspritzung und so weiter. Die Steuervorrichtungen und Elektronikmodule, wie beispielsweise das elektronische Steuermodul 22, werden typischerweise verwendet, um Stromsteuersignale zu Vorrichtungen zu liefern, wie beispielsweise zu Steuerventilen, zu Pumpen, Betätigungsvorrichtungen, Motorsteuerungen und zu einer großen Vielzahl von verschiedenen anderen mechanischen Komponenten, um den Betrieb der Arbeitsmaschine zu steuern. In dieser Hinsicht wird das elektronische Steuermodul 22 typischerweise Verarbeitungsmittel aufweisen, wie beispielsweise eine Mikrosteuervorrichtung oder einen Mikroprozessor, die mit elektronischen Schaltungen assoziiert sind, wie beispielsweise einer Eingabe/Ausgabe-Schaltung, Analogschaltungen, programmierten Logikanordnungen und einem assoziierten Speicher.

Wie in Fig. 3 veranschaulicht ist das elektronische Steuermodul 22 vorzugsweise mit einer Vielzahl von Sensoren gekoppelt, um die Temperatur von gewissen Strömungsmitteln zu überwachen, die in der Arbeitsmaschine vorhanden sind. Insbesondere ist das elektronische Steuermodul 22 vorzugsweise mit einem Temperatursensor gekoppelt, der in der Nähe des Motorkühlmittels positioniert ist, das mit der Arbeitsmaschine assoziiert ist, um ein Signal 24 davon aufzunehmen, das die Temperatur des Motorkühlmittels anzeigt, das aus dem Motor austritt. Der Fachmann wird erkennen, daß der Motorkühlmittelsensor, wie die anderen unten besprochenen Sensoren, zu dem speziellen abgefühlten Strömungsmittel so positioniert sein sollte, daß er kontinuierlich die Temperatur des speziellen Strömungsmittels an einer Stelle abfühlt, wo erwartet wird, daß die spezielle Strömungsmitteltemperatur am höchsten ist, oder wo erwartet wird, daß diese spezielle Strömungsmitteltemperatur eine

maximale Schwellentemperatur erreicht. Das elektronische Steuermodul 22 ist in ähnlicher Weise vorzugsweise mit einem Sensor gekoppelt, der in der Nähe des Luft-Luft-Nachkühlkerns 14 positioniert ist, um ein Signal 26 davon aufzunehmen, das die Einlaßsammelleitungslufttemperatur anzeigt, die mit dem Luft-Luft-Nachkühlkern 14 assoziiert ist, mit einem Sensor, der in der Nähe des Hydrauliköls positioniert ist, um ein Signal 28 davon aufzunehmen, das die Hydrauliköltemperatur anzeigt, mit einem Sensor, der in der Nähe des Getriebeöls positioniert ist, um ein Signal 30 davon aufzunehmen, das die Getriebeöltemperatur anzeigt, und mit einem Sensor, der der Umgebungsluft ausgesetzt ist, um ein Signal 32 davon aufzunehmen, das die Umgebungslufttemperatur anzeigt.

Diese Sensoren überwachen vorzugsweise kontinuierlich die Temperatur ihrer jeweiligen Strömungsmittel, und jeder gibt ein entsprechendes Signal an das elektronische Steuermodul 22 aus, das solche abgefühlten Parameter anzeigt.

Das elektronische Steuermodul 22 bestimmt die entsprechende Ventilatorzahl für beide Ventilatoren 10 und 12 basierend auf den Eingangssignalen 24, 26, 28, 30 und 32, die in Fig. 3 veranschaulicht sind. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bestimmt das elektronische Steuermodul 22 die Ventilatorzahl für die Ventilatoren 10 und 12 gemäß des Logikdiagramms, das in den Fig. 4A und 4B veranschaulicht ist. In diesem speziellen Ausführungsbeispiel berechnet das elektronische Steuermodul 22 zuerst einen Hydrauliköltemperaturfehler im Schritt 33 durch Abziehen der Hydrauliköltemperatur, die von dem Signal 28 angezeigt wird, von einer vorbestimmten erwünschten Schwellentemperatur für das Hydrauliköl. Die vorbestimmte erwünschte Schwellentemperatur für das Hydrauliköl ist die Einstellpunkttemperatur, bei der das Hydrauliköl vorzugsweise während des normalen Arbeitsmaschinenbetriebs gehalten wird. Das elektronische Steuermodul 22 prüft dann zu sehen, ob der Hydrauliköltemperaturfehler, der gerade berechnet wurde, eine überkühlte Situation anzeigt, und zwar im Schritt 34. Diese Überprüfung kann erreicht werden durch Vergleich der tatsächlichen Hydrauliköltemperatur, die über das Sensorsignal 28 abgefühlt wurde, mit der bekannten überkühlten Temperatur für das Hydrauliköl, oder durch Vergleich des berechneten Temperaturfehlers mit nur einem Fehlerwert, der einen überkühlten Zustand anzeigt. Wenn der Hydrauliköltemperaturfehler im Schritt 34 anzeigt, daß eine vorbestimmte Hydraulikölüberkühlungssituation existiert, dann wird das elektronische Steuermodul 22 die Drehzahl des oberen Ventilators 10 auf Null im Schritt 36 setzen, und wird zum Schritt 38 voranschreiten. Wenn andererseits der Hydrauliköltemperaturfehler im Schritt 34 nicht anzeigt, daß ein vorbestimmter Hydraulikölüberkühlungszustand im Schritt 34 existiert, skaliert das elektronische Steuermodul 22 den Hydrauliköltemperaturfehler um einen vorbestimmten Gain- bzw. Verstärkungswert im Schritt 40 und schreitet voran zum Schritt 41.

Das elektronische Steuermodul 22 berechnet in ähnlicher Weise einen Getriebeöltemperatursensor im Schritt 42 wiederum durch Subtrahieren der Getriebeöltemperatur, die vom Signal 30 angezeigt wird, von einer vorbestimmten erwünschten Schwellentemperatur für das Getriebeöl. Das elektronische Steuermodul 22 prüft dann wiederum, um zu sehen, ob der gerade berechnete Getriebeöltemperatursensor einen überkühlten Zustand im Schritt 44 anzeigt. Wenn der Getriebeöltemperatursensor im Schritt 44 nicht anzeigt, daß ein vorbestimmter Getriebeölüberkühlungszustand existiert, dann wird das elektronische Steuermodul 22 die Drehzahl des unteren Ventilators 12 im Schritt 46 auf Null stellen, und wird zum Schritt 48 vorangehen. Wenn andererseits der Getriebeöltemperaturfehler im Schritt 44 nicht anzeigt, daß ein

vorbestimmter Getriebeölüberkühlungszustand im Schritt 44 existiert, dann skaliert das elektronische Steuermodul 22 wiederum vorzugsweise den Getriebeöltemperaturfehler um einen vorbestimmten Verstärkungswert im Schritt 50 und schreitet voran zum Schritt 52.

Das elektronische Steuermodul 22 berechnet in ähnlicher Weise einen Motorkühlmitteltemperaturfehler im Schritt 54 durch Subtrahieren der Motorkühlmitteltemperatur, die vom Signal 24 angezeigt wird, von einer vorbestimmten erwünschten Schwellentemperatur für das Motorkühlmittel. Das elektronische Steuermodul 22 skaliert dann vorzugsweise den Motorkühlmitteltemperaturfehler im Schritt 56 um einen vorbestimmten Verstärkungswert und schreitet voran zum Schritt 57. Das elektronische Steuermodul 22 berechnet auch in ähnlicher Weise den Luft-Luft-Nachkühlereinflaßsammelleitungslufttemperaturfehler im Schritt 60 durch Subtrahieren der Einlaßsammelleitungslufttemperatur, die vom Signal 26 angezeigt wird, von einer erwünschten Schwelleneinflaßsammelleitungslufttemperatur vor dem Luft-Luft-Nachkühlerkern 14. In dieser Hinsicht berechnet das elektronische Steuermodul 22 kontinuierlich eine erwünschte Einlaßsammelleitungsschwellentemperatur im Schritt 58 basierend auf dem Sensorsignal 32, das die Umgebungslufttemperatur anzeigt, da die erwünschte Schwelleneinflaßsammelleitungslufttemperatur für den Luft-Luft-Nachkühlerkern 14 eine Funktion der Umgebungslufttemperatur ist. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bestimmt das elektronische Steuermodul 22 die erwünschte Schwelleneinflaßsammelleitungslufttemperatur vor dem Luft-Luft-Nachkühlerkern 14 gemäß der Beziehung, die in der Kurvendarstellung der Fig. 5 veranschaulicht wurde. Wenn die abgefühlte Umgebungslufttemperatur von Fig. 5 sich verändert, tut dies auch die erwünschte Schwelleneinflaßsammelleitungslufttemperatur vor dem Luft-Luft-Nachkühlerkern 14, und diese erwünschte Schwellentemperatur wird konstant vom elektronischen Steuermodul 22 berechnet und verwendet, um die Luft-Luft-Nachkühlereinflaßsammelleitungslufttemperatur im Schritt 60 zu bestimmen. Bei der Bestimmung von sowohl der erwünschten Schwelleneinflaßsammelleitungslufttemperatur für den Luft-Luft-Nachkühlerkern 14 und seinen entsprechenden Temperaturfehler skaliert das elektronische Steuermodul 22 dann vorzugsweise den Luft-Luft-Nachkühlertemperaturfehler, der im Schritt 60 bestimmt wurde, um einen vorbestimmten Verstärkungswert im Schritt 62 und schaltet voran zum Schritt 57. Im Schritt 57 bestimmt das elektronische Steuermodul 22 den höheren Wert von dem skalierten Motorkühlmitteltemperaturfehler, der im Schritt 56 bestimmt wurde, und dem skalierten Luft-Luft-Nachkühlereinflaßsammelleitungstemperaturfehler, der im Schritt 62 bestimmt wurde, wobei der höhere Temperaturfehler vom Fachmann als Motortemperaturfehler bezeichnet wird. Sobald der höhere Motortemperaturfehler im Schritt 57 ausgewählt worden ist, schreitet das elektronische Steuermodul 22 voran zu den Schritten 41 und 52. Im Schritt 41 bestimmt das elektronische Steuermodul 22 den größeren Wert des skalierten Hydrauliköltemperaturfehlers, der im Schritt 40 bestimmt wurde, und des Motortemperaturfehlers, der im Schritt 57 bestimmt wurde. Das elektronische Steuermodul 22 bestimmt dann eine maximale zulässige Ventilator-drehzahl für den oberen Ventilator 10 im Schritt 43 basierend auf dem größeren der zwei skalierten Temperaturfehler 40 und 57 und aufgrund von anderen Parametern, wie in einem Ausführungsbeispiel unten beschrieben. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bestimmt das elektronische Steuermodul 22 dann die maximal zulässige Ventilator-drehzahl für den oberen Ventilator 10 im Schritt 43 basierend auf den Kühlanforderungen des Hydraulikölkerns 18

gemäß der in der Kurvendarstellung der Fig. 6 veranschaulichten Beziehung unter Verwendung der abgefühlten Hydrauliköltemperatur 28, wenn der skalierte Hydrauliköltemperaturfehler 40 im Schritt 41 größer ist, und schreitet voran zum Schritt 38. Wenn andererseits der skalierte Motortemperaturfehler 57 im Schritt 41 größer ist, dann bestimmt das elektronische Steuermodul 22 die maximal zulässige Ventilator-drehzahl für den Ventilator 10 im Schritt 43 basierend auf den Kühlanforderungen des Motorkühlmittelkerns 16 gemäß der in der Kurvendarstellung der Fig. 7 veranschaulichten Beziehung unter Verwendung der abgefühlten Motorkühlmitteltemperatur 24, wenn der skalierte Motorkühlmitteltemperaturfehler 56 im Schritt 57 größer war, oder das elektronische Steuermodul 22 wird die maximal zulässige Ventilator-drehzahl für den oberen Ventilator 10 im Schritt 43 basierend auf den Kühlanforderungen des Luft-Luft-Nachkühlerkerns 14 gemäß der Beziehung bestimmen, die in der Kurvendarstellung der Fig. 8 veranschaulicht wurde, und zwar unter Verwendung des Luft-Luft-Nachkühlerkerneinflaßsammelleitungstemperaturfehlers 60, wenn der skalierte Luft-Luft-Nachkühlerkerneinflaßsammelleitungstemperaturfehler 62 im Schritt 57 größer war.

In ähnlicher Weise bestimmt im Schritt 52 das elektronische Steuermodul 22 den größeren Wert des skalierten Getriebeöltemperaturfehlers, der im Schritt 50 bestimmt wurde, und des Motortemperaturfehlers, der im Schritt 57 bestimmt wurde. Das elektronische Steuermodul 22 bestimmt dann eine maximal zulässige Ventilator-drehzahl für den unteren Ventilator 12 im Schritt 45 basierend auf den größeren der zwei skalierten Temperaturfehler 50 und 57 und anderen Parametern, wie in einem Ausführungsbeispiel unten beschrieben. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bestimmt das elektronische Steuermodul 22 dann die maximal zulässige Ventilator-drehzahl für den unteren Ventilator 12 im Schritt 45 basierend auf den Kühlanforderungen des Getriebeölkerns 20, wenn der skalierte Getriebeöltemperaturfehler 50 im Schritt 52 größer ist, und zwar gemäß der Beziehung, die in der Kurvendarstellung der Fig. 9 veranschaulicht ist, und zwar unter Verwendung der abgefühlten Getriebeöltemperatur 30, und geht voran zum Schritt 48. Wenn andererseits der abgefühlte Motortemperaturfehler 57 im Schritt 52 größer ist, dann bestimmt das elektronische Steuermodul 22 die maximal zulässige Ventilator-drehzahl für den unteren Ventilator 12 im Schritt 45 basierend auf den Kühlanforderungen des Motorkühlmittelkerns 16 gemäß der Beziehung, die in der Kurvendarstellung der Fig. 7 veranschaulicht wurde, und zwar unter Verwendung der abgefühlten Motorkühlmitteltemperatur 24, wenn der skalierte Motorkühlmitteltemperaturfehler 56 im Schritt 57 größer war, oder das elektronische Steuermodul 22 wird die maximal zulässige Ventilator-drehzahl für den unteren Ventilator 12 im Schritt 45 basierend auf den Kühlanforderungen des Luft-Luft-Nachkühlerkerns 14 bestimmen, und zwar gemäß der in der Kurvendarstellung der Fig. 8 veranschaulichten Beziehung unter Verwendung des Luft-Luft-Nachkühlerkerntemperaturfehlers 60, wenn der skalierte Luft-Luft-Nachkühlerkerneinflaßsammelleitungstemperaturfehler 62 im Schritt 57 größer war.

Das elektronische Steuermodul 22 liefert dann ein Signal, das die Veränderung anzeigt, die bei der Ventilator-drehzahl für den oberen Ventilator 10 im Schritt 41 benötigt wird, und zwar an eine PID-Steuervorrichtung im Schritt 38, und ein Signal, daß die Veränderung anzeigt, die bei der Ventilator-drehzahl für den unteren Ventilator 12 im Schritt 52 benötigt wird, und zwar an eine PID-Drehzahlsteuervorrichtung im Schritt 48. PID-Steuervorrichtungen sind dem Fachmann bekannt und werden üblicherweise verwendet, um den Betrieb von mechanischen Vorrichtungen in Arbeitsmaschinen

und anderen mechanischen Ausrüstungsgegenständen zu steuern. In dieser Hinsicht wurde erkannt und vorhergesehen, daß irgendeine Art einer PID-Steuervorrichtung in den Schritten 38 und 48 verwendet werden kann, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Im Schritt 64 bestimmt das elektronische Steuermodul 22, ob der Motortemperaturfehler, der im Schritt 57 bestimmt wurde, größer ist, als sowohl der Hydrauliköltemperaturfehler im Schritt 40, als auch der Getriebeöltemperaturfehler im Schritt 50. Falls dies wahr ist, zeigt ein solches Ereignis, daß beide Ventilatoren 10 und 12 die Kühlanforderungen des Luft-Luft-Nachkühlkerns 14 und des Motor-kühlmittelkerns 16 versorgen. In diesem Fall schreitet das elektronische Steuermodul 22 voran zum Schritt 66, wo es einen Durchschnitt aus den zwei Ventilatorumdrehzahlen berechnet, die für die Ventilatoren 10 und 12 in den Schritten 38 und 40 bestimmt wurden. Das elektronische Steuermodul 22 zieht die Ventilatorumdrehzahl für den oberen Ventilator 10 von der Durchschnittsdrehzahl ab, und die daraus resultierende Drehzahl, egal ob ein positiver Wert oder ein negativer Wert, wird im Schritt 100 skaliert und zu dem Temperaturfehlersignal des oberen Ventilators 10, das im Schritt 41 bestimmt wurde, hinzu addiert (oder davon abgezogen) bevor es zu der PID-Drehzahlsteuerung im Schritt 38 geliefert wird. Falls dies falsch ist, ist die Ausgangsgröße des Schrittes 66, die mit dem Ventilator 10 assoziiert ist, die Drehzahl des Ventilators 10 anstelle der Durchschnittsdrehzahl der Ventilatoren 10 und 12, die von sich selbst abgezogen wird, was im Schritt 100 einen Wert von Null zur Folge hat. Die Ausgangsgröße der PID-Steuervorrichtung 38 ist auf die maximal zulässige Ventilatorumdrehzahl begrenzt, die im Schritt 43 bestimmt wird. In ähnlicher Weise subtrahiert das elektronische Steuermodul 22 die Ventilatorumdrehzahl für den unteren Ventilator 12 von der Durchschnittsdrehzahl, und die daraus resultierende Drehzahl, egal ob ein positiver Wert oder ein negativer Wert, wird im Schritt 101 skaliert und zu dem Temperaturfehlersignal des unteren Ventilators 12, das im Schritt 52 bestimmt wurde, hinzu addiert (oder davon abgezogen) bevor es an die PID-Drehzahlsteuerung im Schritt 48 geliefert wird. Falls dies falsch ist, wird die Ausgangsgröße des Schrittes 66, die mit dem Ventilator 12 assoziiert ist, die Drehzahl des Ventilators 12 anstelle der Durchschnittsdrehzahl der Ventilatoren 10 und 12, die von sich selbst abgezogen wird, was im Schritt 101 einen Wert von Null zur Folge hat. Die Ausgangsgröße der PID-Steuervorrichtung 38 ist auf die maximal zulässige Ventilatorumdrehzahl beschränkt, die im Schritt 45 bestimmt wird. Als eine Folge wird die Drehzahl von beiden Ventilatoren 10 und 12 auf die Durchschnittsdrehzahl eingestellt, und zwar durch Vergrößerung oder Verringerung der Drehzahl von jedem Ventilator, wodurch ein optimaler Leistungsverbrauch und Geräuschemissionen für beide Ventilatoren 10 und 12 folgt, während die Kühlanforderungen für alle vier Wärmeübertragungskerne 14, 16, 18 und 20 erfüllt werden.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung spricht im Schritt 72 das elektronische Steuermodul 22 auch vorzugsweise auf sowohl ein Bremsignal 68 als auch ein Leistungsanforderungssignal 70 an, das vom Bediener der Arbeitsmaschine während ihres Betriebes empfangen wird. Diese Signale werden in das elektronische Steuermodul 22 über Mittel eingegeben, die in der Technik wohlbekannt sind. Wenn das Signal 68 eine Bremsanforderung anzeigt, bestimmt das elektronische Steuermodul 22 automatisch die Ventilatorumdrehzahl für beide Ventilatoren 10 und 12, so, daß sie eine vorbestimmte maximale Schwellendrehzahl sind, und zwar ungeachtet der Kühlanforderungen der Wärmeübertragungskerne 14, 16, 18 und 20, wodurch

zeitweise eine parasitäre Last zum Motor der Arbeitsmaschine hinzu gebracht wird, um die gesamte Abbremsung der Arbeitsmaschine zu erleichtern. In dieser Hinsicht wird die parasitäre Last so lange bleiben, wie die Bremsanforderung im Endeffekt bleibt. Wenn alternativ das Signal 70 eine Leistungsschubanforderung anzeigt, bestimmt das elektronische Steuermodul 22 automatisch die Ventilatorumdrehzahl für beide Ventilatoren 10 und 12, so daß sie eine vorbestimmte minimale Schwellendrehzahl sind, wodurch teilweise die Last auf dem Motor der Arbeitsmaschine verringert wird und gestattet wird, daß mehr Leistung davon zum Antriebsstrang der Arbeitsmaschine geliefert wird. In diesem Ausführungsbeispiel wird die Drehzahl der Ventilatoren 10 und 12 auf einer minimalen Laufdrehzahl bleiben, bis erhöhte Einstellpunktemperaturen für die gekühlten Strömungsmittel in den Kernen 14, 16, 18 und 20 erreicht werden. Wenn eine oder mehrere der erhöhten Einstellpunktemperaturen für die gekühlten Strömungsmittel tatsächlich erreicht werden, werden die Ventilatorumdrehzahlen wiederum gemäß der Logik gesteuert, die in den Fig. 4A und 4B dargelegt wurde und oben beschrieben wurde. Der Fachmann wird erkennen, daß das elektronische Steuermodul 22 meistens nur eines von den zwei Signalen 68 und 70 zu einem Zeitpunkt empfangen wird, was entweder eine Bremsanforderung oder eine Leistungsschubanforderung für die Arbeitsmaschine anzeigt. Wenn beide Signale 68 und 70 in einem Aus-Zustand sind, wird das elektronische Steuermodul 22 wiederum die entsprechende Drehzahl für die Ventilatoren 10 und 12 bestimmen, wie oben erklärt.

Das elektronische Steuermodul 22 liefert dann ein Signal 74, das eine erwünschte Ventilatorumdrehzahl für den oberen Ventilator 10 anzeigt, an eine Motorsteuervorrichtung 76, und ein Signal 78, das eine erwünschte Ventilatorumdrehzahl für den unteren Ventilator 12 anzeigt, an eine Motorsteuervorrichtung 80, wodurch die Motorsteuervorrichtungen 76 und 80 die Drehzahl der beiden Ventilatoren 10 und 12 auf die Drehzahl treiben, die jeweils von den Signalen 74 und 78 angezeigt wird. Das elektronische Steuermodul 22 steuert somit die Drehzahl von beiden Ventilatoren 10 und 12 einzeln, um wirkungsvoll die Kühlanforderungen für alle vier Wärmeübertragungskerne 14, 16, 18 und 20 zufriedenzustellen.

#### Industrielle Anwendbarkeit

Wie hier beschrieben, findet das vorliegende Steuersystem spezielle Anwendung bei allen Arten von Arbeitsmaschinen, Fahrzeugen und Motoren, bei denen eine Kühlung von einer Vielzahl von Wärmeübertragungskernen nötig ist. Das vorliegende Steuersystem gestattet die Steuerung der Drehzahl von einer Vielzahl von Ventilatoren in einer Arbeitsmaschine gemäß der Kühlanforderungen von jedem der Vielzahl von Wärmeübertragungskernen anstelle gemäß der augenblicklichen Motordrehzahl. Die Temperaturen der Strömungsmittel, die in den Wärmeübertragungskernen vorhanden sind, helfen dabei, die augenblicklichen Kühltemperaturen von ihren jeweiligen Wärmeübertragungskernen zu bestimmen, wodurch das elektronische Steuermodul 22 eine entsprechende Drehzahl für jeden Ventilator bestimmen kann, und einzelne Signale an die jeweilige Motorsteuervorrichtung für jeden Ventilator ausgeben kann, um die Drehzahl von diesem speziellen Ventilator zu steuern. Die vorliegende Erfindung verhindert eine Überkühlung der Strömungsmittel und spart Leistung ein durch Begrenzung der Leistung von jedem Ventilator, um simultan die Kühlanforderungen von jedem Wärmeübertragungskern zu erfüllen. Weiterhin wird der Betrieb der Ventilatoren während des anfänglichen Starts des Motors ausgeschaltet gehalten, wo-



durch die Kaltstartzuverlässigkeit und Anlaufleistung des Motors verbessert wird.

Der Fachmann wird erkennen, daß der Luft-Luft-Nachkühlkern und der Motorkühlmittelkern die ersten Strömungsmittel sein sollen, deren Temperatur beim Betrieb der Arbeitsmaschine ansteigen soll. Daher müssen zu dem Zeitpunkt, zu dem die Hydrauliköl- oder Getriebeöltemperatur über eine überkühlte Schwellentemperatur ansteigt, der Luft-Luft-Nachkühlkern und die Motorkühlmitteltemperatur schon zumindest eine minimale überkühlte Temperaturschwelle dafür erreicht haben. Entsprechend berücksichtigt die im elektronischen Steuermodul 22 eingerichtete Logik nicht die überkühlten Temperaturschwellen für den Luft-Luft-Nachkühlkern 14 oder den Motorkühlmittelkern 16 in Betracht und muß dies auch typischerweise nicht, wenn die Ventilatorzahl für entweder den oberen Ventilator 10 oder den unteren Ventilator 12 bestimmt wird.

Es sei bemerkt und vorhergesagt, daß wenn die Ventilatorzahl für irgendeinen Ventilator 10 oder 12 als Null bestimmt wird, da die Temperatur von (jeweils) entweder dem Hydrauliköl oder dem Getriebeöl auf oder unter einer jeweiligen vorbestimmten überkühlten Temperaturschwelle ist, dann zusätzliche Schritte im elektronischen Steuermodul 22 eingerichtet werden können, um die Drehzahl des anderen Ventilators zu steigern, um die Kühlanforderungen von allen drei restlichen Kernen zu erfüllen. Weiterhin können Schritte im elektronischen Steuermodul 22 eingerichtet werden, um die Drehzahl des Ventilators zu steuern, der mit dem überkühlten Ölkern assoziiert ist, so daß er auf einer minimalen Drehzahl läuft, die nötig ist, um die Kühlanforderungen des Luft-Luft-Nachkühlkerns und des Motorkühlmittelkerns zu erfüllen, wenn der andere Ventilator dies nicht kann, während er auf einer maximalen Schwellendrehzahl läuft. Solche Schritte können zusätzlich zu jenen eingerichtet werden, die oben beschrieben wurden, und zwar in ähnlicher Weise wie oben beschrieben, und eine solche Einrichtung ist dem Fachmann wohl bekannt. Entsprechend wurden solche zusätzlichen Schritte erkannt und vorhergesehen und sollen von der vorliegenden Erfindung abgedeckt werden, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Es wird bevorzugt, daß die im Logikdiagramm der Fig. 4A und 4B abgebildeten Schritte in einem vorbestimmten Intervall wiederholt werden, und zwar mindestens so lange, wie die Arbeitsmaschine arbeitet, oder bis der Motor abgeschaltet wird. Dieses vorbestimmte Intervall kann auf einer speziellen vorbestimmten Zeitperiode basieren, oder ein solcher Intervall kann auf vorbestimmten inkrementellen Veränderungen der Temperatur von einem oder mehreren der verschiedenen Strömungsmittel basieren, oder auf einigen anderen Parametern oder Kriterien. Zusätzlich kann in den Schritten 76 und 80 das elektronische Steuermodul 22 programmiert werden, sich entweder schleifenartig zurück zu bewegen und die Schritte zu wiederholen, oder das elektronische Steuermodul 22 könnten enden, und diese Schritte könnten danach wiederholt werden, und zwar basierend auf den vorbestimmten Wiederholungskriterien um wiederum die Betriebsschritte davon auszulösen.

Es wurde erkannt und vorhergesehen, daß die Wärmeübertragungskerne für irgendeine Anzahl von Strömungsmitteln, die in der Arbeitsmaschine verwendet werden, im wesentlichen gemäß der Schritte der vorliegenden Erfindung bedient werden können, und daß die vorliegende Logik entsprechend ausgedehnt werden kann, um irgendeine Anzahl von einer Vielzahl von Ventilatoren zu steuern, um wirkungsvoll die Kühlanforderungen der speziellen davon bedienten Wärmeübertragungskerne zu erfüllen. In ähnlicher Weise können die Ventilatorzahlbeziehungen, die

in den Kurvendarstellungen der Fig. 5, 6, 7, 8 und 9 veranschaulicht sind, gemäß der Größe, der Kapazität, der Leistungsanforderungen der speziellen Ventilatoren oder der Temperaturanforderungen der gerade gekühlten, in irgendeinem speziellen Ausführungsbeispiel verwendeten Komponenten skaliert werden. Entsprechend wurden alle diese Variationen oder Modifikationen erkannt und vorhergesehen und sollen von der vorliegenden Erfindung abgedeckt werden, ohne von ihrem Kern und Umfang abzuweichen.

Es wurde auch erkannt, daß Veränderungen an den Betriebsschritten, die im Logikdiagramm der Fig. 4A und 4B abgebildet wurden, vorgenommen werden können, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Insbesondere könnten Schritte hinzugefügt werden oder einige Schritte könnten weggelassen werden. Alle diese Variationen sollen von der vorliegenden Erfindung abgedeckt werden.

Wie aus der vorangegangenen Beschreibung offensichtlich ist, sind gewisse Aspekte der vorliegenden Erfindung nicht auf die speziellen Details der Beispiele begrenzt, die hier veranschaulicht wurden, und es wird daher in Betracht gezogen, daß andere Modifikationen und Anwendungen dem Fachmann offensichtlich werden. Es ist daher beabsichtigt, daß die Ansprüche alle diese Modifikationen und Anwendungen abdecken, die nicht vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abweichen.

Andere Aspekte, Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung können aus einem Studium der Zeichnungen, der Offenbarung und der beigefügten Ansprüche erhalten werden.

#### Patentansprüche

1. Steuersystem zur Steuerung der Drehzahl einer Vielzahl von Ventilatoren zur Kühlung einer Vielzahl von Strömungsmitteln in der Arbeitsmaschine, wobei jedes der Vielzahl von Strömungsmitteln zwischen einer vorbestimmten minimalen Schwellentemperatur und einer vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur betreibbar bzw. einzusetzen ist, wobei das Steuersystem folgendes aufweist:  
eine Vielzahl von Sensoren, die positioniert sind, um die Temperatur von jedem der Vielzahl von Strömungsmitteln abzufühlen, wobei jeder Sensor betreibbar ist, um ein Signal auszugeben, das die Temperatur des speziellen Strömungsmittels anzeigt;  
eine elektronische Steuervorrichtung, die mit der Vielzahl von Sensoren gekoppelt ist, um Signale davon aufzunehmen, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um ein Signal von jedem der Vielzahl von Sensoren aufzunehmen, das eine Temperatur für jedes der Vielzahl von Strömungsmitteln anzeigt;  
wobei die Steuervorrichtung weiterhin betreibbar ist, um eine erwünschte Ventilatorzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren zu bestimmen, und zwar basierend auf Signalen, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurden; und  
wobei die Steuervorrichtung ein Signal an jeden der Vielzahl von Ventilatoren ausgibt, um individuell seine Drehzahl zu steuern, wobei jedes Ausgangssignal eine erwünschte Ventilatorzahl für einen speziellen Ventilator anzeigt, und wobei jedes Ausgangssignal auf einem Vergleich von mindestens einigen der Signale basiert, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurden.
2. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei jedes Ausgangssignal darauf basiert, daß eines der verglichenen Strömungsmittel näher an seiner vorbestimmten maxi-

malen Schwellentemperatur liegt, als die restlichen verglichenen Strömungsmittel.

3. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung eine Ventilatordrehzahl für einen der Vielzahl von Ventilatoren als Null bestimmt, wenn eines der Vielzahl von verglichenen Strömungsmitteln auf einer Temperatur ist, die unter der vorbestimmten minimalen Schwellentemperatur für dieses spezielle Strömungsmittel liegt.

4. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Ventilatoren mindestens zwei Ventilatoren aufweist, und wobei die Vielzahl von Strömungsmitteln mindestens vier Strömungsmittel aufweist.

5. Steuersystem nach Anspruch 4, wobei ein erster Ventilator mindestens einen Teil eines ersten Wärmeübertragungskerns versorgt, der mit einem ersten Strömungsmittel assoziiert ist, mindestens einen Teil eines zweiten Wärmeübertragungskerns, der mit einem zweiten Strömungsmittel assoziiert ist, und einen dritten Wärmeübertragungskern, der mit einem dritten Strömungsmittel assoziiert ist, und wobei ein zweiter Ventilator mindestens einen Teil des ersten Wärmeübertragungskerns versorgt, der mit dem ersten Strömungsmittel assoziiert ist, mindestens einen Teil des zweiten Wärmeübertragungskerns, der mit dem zweiten Strömungsmittel assoziiert ist, und einen vierten Wärmeübertragungskern, der mit einem vierten Strömungsmittel assoziiert ist.

6. Steuersystem nach Anspruch 5, wobei die Steuervorrichtung die Drehzahl des ersten Ventilators basierend auf einen Vergleich der Signale bestimmt, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurden, und zwar assoziiert mit den ersten, zweiten und dritten Strömungsmitteln, und wobei die Steuervorrichtung die Drehzahl des zweiten Ventilators basierend auf einem Vergleich der Signale bestimmt, die von der Vielzahl von Sensoren empfangen wurde, die mit den ersten, zweiten und vierten Strömungsmittel assoziiert sind.

7. Steuersystem nach Anspruch 6, wobei die Drehzahl des ersten Ventilators basierend darauf bestimmt wird, daß eines der ersten, zweiten und dritten Strömungsmittel näher an seiner vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur liegt, als die restlichen zwei Strömungsmittel.

8. Steuersystem nach Anspruch 6, wobei die Drehzahl des zweiten Ventilators basierend darauf bestimmt wird, daß eines der ersten, zweiten und vierten Strömungsmittel näher an seiner vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur liegt, als die restlichen zwei Strömungsmittel.

9. Steuersystem nach Anspruch 5, wobei der erste Wärmeübertragungskern ein Luft-Luft-Nachkühlkern ist, und wobei das erste Strömungsmittel die Einlaßsammelleitungsluft zu dem Luft-Luft-Nachkühlkern ist.

10. Steuersystem nach Anspruch 5, wobei der zweite Wärmeübertragungskern ein Motorkühlmittelkern ist, und wobei das zweite Strömungsmittel das Motorkühlmittel ist.

11. Steuersystem nach Anspruch 5, wobei der dritte Wärmeübertragungskern ein Hydraulikölkern ist, und wobei das dritte Strömungsmittel das Hydrauliköl ist.

12. Steuersystem nach Anspruch 5, wobei der vierte Wärmeübertragungskern ein Getriebeölkern ist, und wobei das vierte Strömungsmittel das Getriebeöl ist.

13. Steuersystem nach Anspruch 5, wobei das Steuersystem weiterhin betreibbar ist, um einen Temperatur-

fehler für jedes Signal zu bestimmen, das von den Sensoren empfangen wurde, die die Temperatur von jedem der ersten, zweiten, dritten und vierten Strömungsmittel abfühlen, wobei jeder der Temperaturfehler basierend auf einer Differenz zwischen einer vorbestimmten erwünschten Schwellentemperatur für dieses spezielle Strömungsmittel und der Temperatur von diesem speziellen Strömungsmittel berechnet wird, wie von dem Signal angezeigt, das von dem Sensor dieses Strömungsmittels empfangen wurde;

wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um eine Ventilatordrehzahl für den ersten Ventilator zu bestimmen, und zwar basierend auf dem größten Temperaturfehler, der zwischen den Sensorsignalen besteht, die von den ersten, zweiten und dritten Strömungsmitteln empfangen wurden; und

wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um eine Ventilatordrehzahl für den zweiten Ventilator zu bestimmen, und zwar basierend auf dem größten Temperaturfehler, der zwischen den Sensorsignalen besteht, die von den ersten, zweiten und vierten Strömungsmitteln empfangen wurden.

14. Steuersystem nach Anspruch 13, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um eine Ventilatordrehzahl für den ersten Ventilator zu bestimmen, so daß sie im wesentlichen die gleiche ist, wie die Ventilatordrehzahl für den zweiten Ventilator, wenn der größere der Temperaturfehler für die ersten und zweiten Strömungsmittel den Temperaturfehler für sowohl die dritten als auch vierten Strömungsmittel überschreitet.

15. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung mit der Arbeitsmaschine gekoppelt ist, um ein Leistungsanforderungssignal davon aufzunehmen, wobei das Steuersystem die Ventilatordrehzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren bestimmt, so daß sie eine minimale vorbestimmte Drehzahl ist, wenn das Leistungsanforderungssignal empfangen wird.

16. Steuersystem nach Anspruch 15, wobei die Ventilatordrehzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren auf einer minimalen vorbestimmten Drehzahl gehalten wird, bis eine vorbestimmte maximale Schwellentemperatur für eines der Strömungsmittel erreicht wird.

17. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung mit der Arbeitsmaschine gekoppelt ist, um ein Bremssignal davon zu empfangen, wobei die Steuervorrichtung die Ventilatordrehzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren so bestimmt, daß sie eine maximale vorbestimmte Drehzahl ist, so lange wie das Bremssignal empfangen wird.

18. Steuersystem zur Steuerung der Drehzahl von zwei Ventilatoren zur Kühlung von vier Strömungsmitteln in einer Arbeitsmaschine, wobei jedes Strömungsmittel mit einem speziellen Wärmeübertragungskern assoziiert ist, und wobei jedes Strömungsmittel zwischen einer vorbestimmten minimalen Schwellentemperatur und einer vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur betreibbar bzw. einzusetzen ist, wobei das Steuersystem folgendes aufweist:

einen ersten Sensor, der positioniert ist, um die Temperatur des ersten Strömungsmittels abzufühlen und ein diese anzeigendes Signal auszugeben;

einen zweiten Sensor, der positioniert ist, um eine Temperatur des zweiten Strömungsmittels abzufühlen, und ein diese anzeigendes Signal auszugeben;

einen dritten Sensor, der positioniert ist, um eine Temperatur des dritten Strömungsmittels abzufühlen und ein diese anzeigendes Signal auszugeben;

einen vierten Sensor, der positioniert ist, um die Tem-



15

peratur des vierten Strömungsmittels abzufühlen und ein diese anzeigendes Signal auszugeben; eine elektronische Steuervorrichtung, die mit den ersten, zweiten, dritten und vierten Sensoren gekoppelt ist, um Signale davon aufzunehmen, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um ein Signal von jedem der Sensoren aufzunehmen, das die Temperatur der ersten bzw. zweiten bzw. dritten bzw. vierten Strömungsmittel anzeigt; wobei die Steuervorrichtung weiterhin betreibbar ist, um einen ersten Temperaturfehler für das Signal zu bestimmen, das vom ersten Sensor aufgenommen wurde, einen zweiten Temperaturfehler für das Signal, das vom zweiten Sensor aufgenommen wurde, einen dritten Temperaturfehler für das Signal, das vom dritten Sensor aufgenommen wurde, und einen vierten Temperaturfehler für das Signal, das vom vierten Sensor aufgenommen wurde, wobei jeder der Temperaturfehler basierend auf einer Differenz zwischen einer vorbestimmten erwünschten Schwellentemperatur für das spezielle Strömungsmittel und der Temperatur des speziellen Strömungsmittels berechnet wird, wie sie von dem Signal angezeigt wird, das von dem Strömungsmittelsensor empfangen wird; wobei die Steuervorrichtung weiter betreibbar ist, um eine Ventilator Drehzahl für die ersten und zweiten Ventilatoren zu bestimmen, und zwar basierend auf einem Vergleich von mindestens einigen der Temperaturfehlern, die von den ersten, zweiten, dritten und vierten Sensoren bestimmt wurden; und wobei die Steuervorrichtung weiter mit dem Antriebsmotor des ersten Ventilators und mit dem Antriebsmotor des zweiten Ventilators gekoppelt ist und jeweils ein Signal dorthin ausgibt, um die Drehzahl der ersten und zweiten Ventilatoren zu steuern; wobei jedes Ausgangssignal eine erwünschte Ventilator Drehzahl für diesen speziellen Ventilator anzeigt.

19. Steuersystem nach Anspruch 18, wobei der erste Ventilator mindestens einen Teil eines ersten Wärmeübertragungskerns versorgt, der mit dem ersten Strömungsmittel assoziiert ist, mindestens einem Teil eines zweiten Wärmeübertragungskerns, der mit dem zweiten Strömungsmittel assoziiert ist, und einen dritten Wärmeübertragungskern, der mit dem dritten Strömungsmittel assoziiert ist, und wobei der zweite Ventilator mindestens einen Teil des ersten Wärmeübertragungskerns versorgt, der mit dem ersten Strömungsmittel assoziiert ist, mindestens einen Teil des zweiten Wärmeübertragungskerns, der mit dem zweiten Strömungsmittel assoziiert ist, und einen vierten Wärmeübertragungskern, der mit dem vierten Strömungsmittel assoziiert ist.

20. Steuersystem nach Anspruch 19, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um eine Ventilator Drehzahl für den ersten Ventilator zu bestimmen, und zwar basierend auf dem größten Temperaturfehler, der zwischen den Signalen besteht, die von den ersten, zweiten und dritten Sensoren aufgenommen wurden; und wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um eine Ventilator Drehzahl für den zweiten Ventilator zu bestimmen, und zwar basierend auf dem größten Temperaturfehler, der zwischen den Signalen besteht, die von den ersten, zweiten und vierten Sensoren aufgenommen wurden.

21. Steuersystem nach Anspruch 20, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um eine Ventilator Drehzahl für den ersten Ventilator zu bestimmen, so daß sie im wesentlichen die gleiche ist, wie die Ventilator Drehzahl für den zweiten Ventilator, wenn der größere der ersten

und zweiten Temperaturfehler sowohl die dritten als auch vierten Temperaturfehler überschreitet.

22. Steuersystem nach Anspruch 19, wobei die Steuervorrichtung eine Ventilator Drehzahl für den ersten Ventilator als Null bestimmt, wenn die Temperatur des dritten Strömungsmittels eine vorbestimmte überkühlte Schwellentemperatur für dieses spezielle Strömungsmittel ist.

23. Steuersystem nach Anspruch 19, wobei die Steuervorrichtung eine Ventilator Drehzahl für den zweiten Ventilator als Null bestimmt, wenn die Temperatur des vierten Strömungsmittels auf einer vorbestimmten überkühlten Schwellentemperatur für dieses spezielle Strömungsmittel ist.

24. Steuersystem nach Anspruch 18, wobei die Steuervorrichtung mit der Arbeitsmaschine gekoppelt ist, um ein Leistungsanforderungssignal davon aufzunehmen, wobei das Steuersystem eine Ventilator Drehzahl für die ersten und zweiten Ventilatoren als eine minimale vorbestimmte Drehzahl für jeden der Ventilatoren bestimmt, wenn das Leistungsanforderungssignal empfangen wird.

25. Steuersystem nach Anspruch 24, wobei die Ventilator Drehzahl für die ersten und zweiten Ventilatoren auf einer minimalen vorbestimmten Drehzahl gehalten wird, bis eine vorbestimmte maximale Schwellentemperatur für eines der Strömungsmittel erreicht wird.

26. Steuersystem nach Anspruch 18, wobei die Steuervorrichtung mit der Arbeitsmaschine gekoppelt ist, um ein Bremssignal davon zu empfangen, wobei die Steuervorrichtung die Ventilator Drehzahl für die ersten und zweiten Ventilatoren als eine maximale vorherbestimmte Drehzahl für jeden dieser Ventilatoren bestimmt, so lange das Bremssignal empfangen wird.

27. Steuersystem nach Anspruch 18, wobei die Steuervorrichtung weiterhin betreibbar ist, um jeden der ersten, zweiten, dritten und vierten Temperaturfehler mit einem entsprechenden ersten, zweiten, dritten und vierten vorbestimmten Wert zu skalieren.

28. Steuersystem nach Anspruch 19, wobei der erste Wärmeübertragungskern ein Luft-Luft-Nachkühlerkern ist, und wobei das erste Strömungsmittel die Einlaßsammelleitungsluft in dem Luft-Luft-Nachkühlerkern ist.

29. Steuersystem nach Anspruch 28, wobei die vorbestimmte erwünschte Schwellentemperatur für das erste Strömungsmittel eine Funktion der Umgebungslufttemperatur ist, wobei das Steuersystem weiter einen fünften Sensor aufweist, der positioniert ist, um die Umgebungslufttemperatur abzufühlen, und um ein Signal auszugeben, das diese anzeigt, wobei die Steuervorrichtung mit dem fünften Sensor gekoppelt ist, um Signale davon aufzunehmen, die die Umgebungslufttemperatur anzeigen, und wobei die Steuervorrichtung weiterhin betreibbar ist, um zumindest periodisch die vorbestimmte erwünschte Schwellentemperatur für das erste Strömungsmittel basierend auf den Signalen zu aktualisieren, die von dem fünften Sensor empfangen wurden.

30. Steuersystem nach Anspruch 19, wobei der zweite Wärmeübertragungskern ein Motorkühlmittelkern ist, und wobei das zweite Strömungsmittel das Motorkühlmittel ist.

31. Steuersystem nach Anspruch 19, wobei der dritte Wärmeübertragungskern ein Hydraulikölkern ist, und wobei das dritte Strömungsmittel das Hydrauliköl ist.

32. Steuersystem nach Anspruch 19, wobei der vierte Wärmeübertragungskern ein Getriebeölkern ist, und

wobei das vierte Strömungsmittel das Getriebeöl ist.

33. Verfahren zur Steuerung der Drehzahl einer Vielzahl von Ventilatoren zur Kühlung einer Vielzahl von Strömungsmitteln in einer Arbeitsmaschine, wobei jedes der Vielzahl von Strömungsmitteln zwischen einer 5 vorbestimmten minimalen Schwellentemperatur und einer vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur betreibbar bzw. einzusetzen ist, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Positionieren einer Vielzahl von Sensoren zum Abfüh- 10 len der Temperatur von jedem der Vielzahl von Strömungsmitteln, wobei jeder Sensor betreibbar ist, um ein Signal auszugeben, das die Temperatur dieses speziellen Strömungsmittels anzeigt;

Koppeln einer elektronischen Steuervorrichtung mit 15 der Vielzahl von Sensoren zur Aufnahme von Signalen davon, wobei die Steuervorrichtung betreibbar ist, um ein Signal von jedem der Vielzahl von Sensoren aufzunehmen, das eine Temperatur für jedes der Vielzahl von Strömungsmitteln anzeigt; 20

Betriebsmäßige Bestimmung einer erwünschten Ventilator Drehzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren basierend auf Signalen, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurden, und zwar unter Verwendung der Steuervorrichtung; und 25

Ausgabe eines Signals an jeden der Vielzahl von Ventilatoren, um individuell ihre Drehzahl unter Verwendung der Steuervorrichtung zu steuern, wobei jedes Ausgangssignal eine erwünschte Ventilator Drehzahl für einen speziellen Ventilator anzeigt, und wobei jedes 30 Ausgangssignal auf einem Vergleich von mindestens einigen der Signalen basiert, die von der Vielzahl von Sensoren aufgenommen wurde.

34. Verfahren nach Anspruch 33, wobei der Schritt des Ausgebens eines Signals weiter den Schritt aufweist, 35 das jedes Ausgangssignal darauf basiert, daß eines der verglichenen Strömungsmittel näher an seiner vorbestimmten maximalen Schwellentemperatur liegt, als die restlichen verglichenen Strömungsmittel.

35. Verfahren nach Anspruch 33, wobei der Schritt der 40 betriebsmäßigen Bestimmung einer erwünschten Ventilator Drehzahl für jeden der Vielzahl von Ventilatoren für einen der Vielzahl von Ventilatoren diese auf Null stellt, wenn eines der Vielzahl von verglichenen Strömungsmittel auf einer Temperatur ist, die unter der vor- 45 bestimmten minimalen Schwellentemperatur für dieses spezielle Strömungsmittel ist.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

Fig. 1

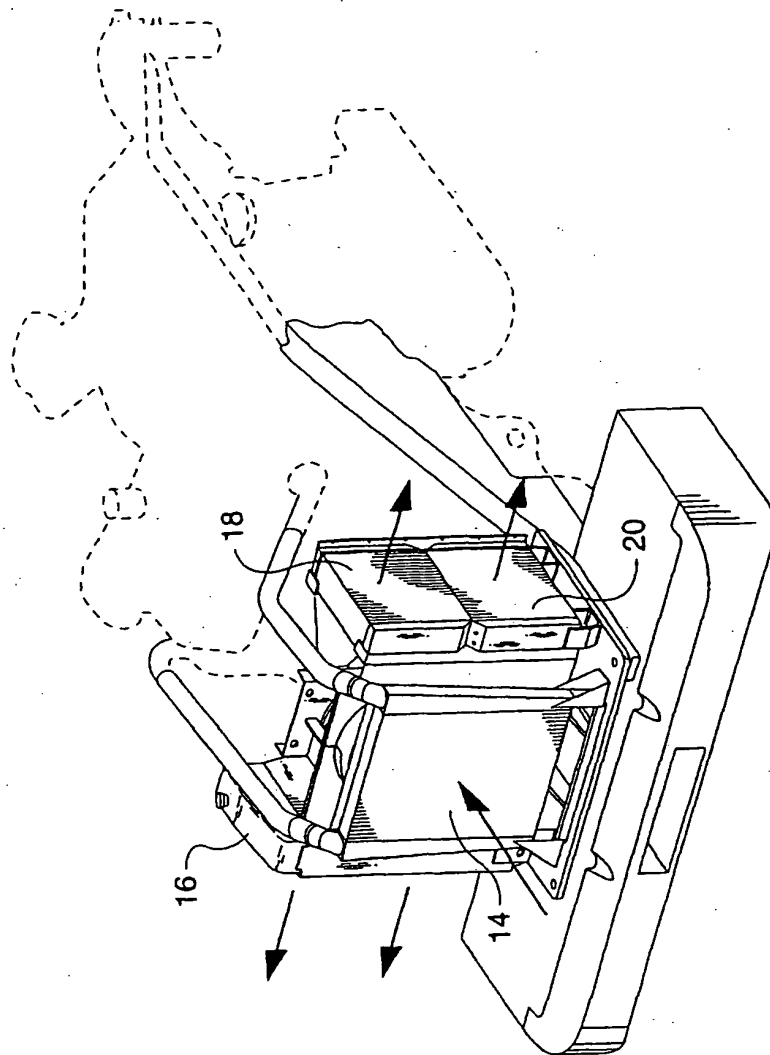


Fig. 2.

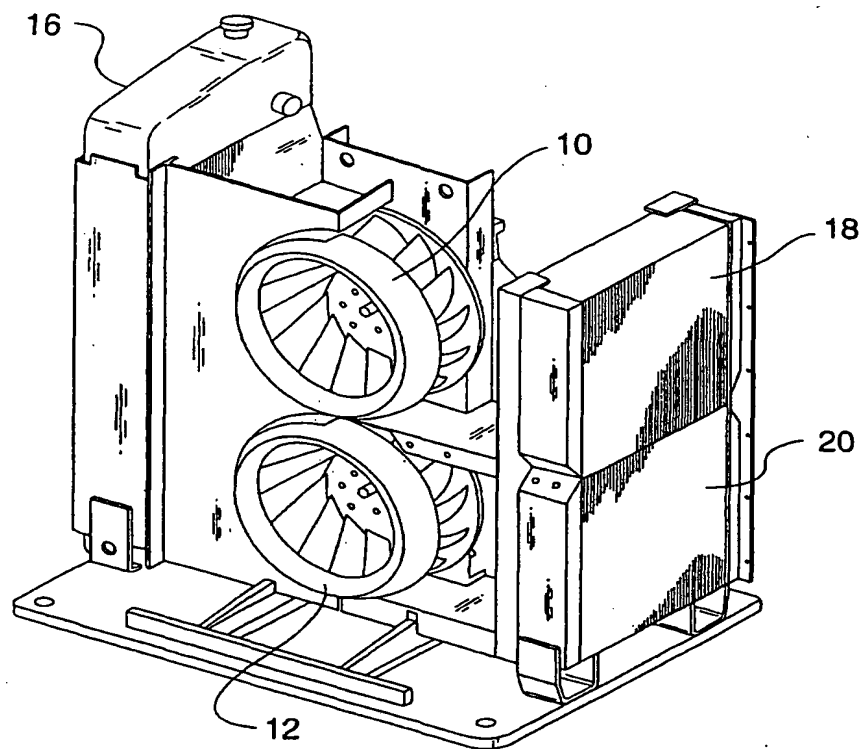
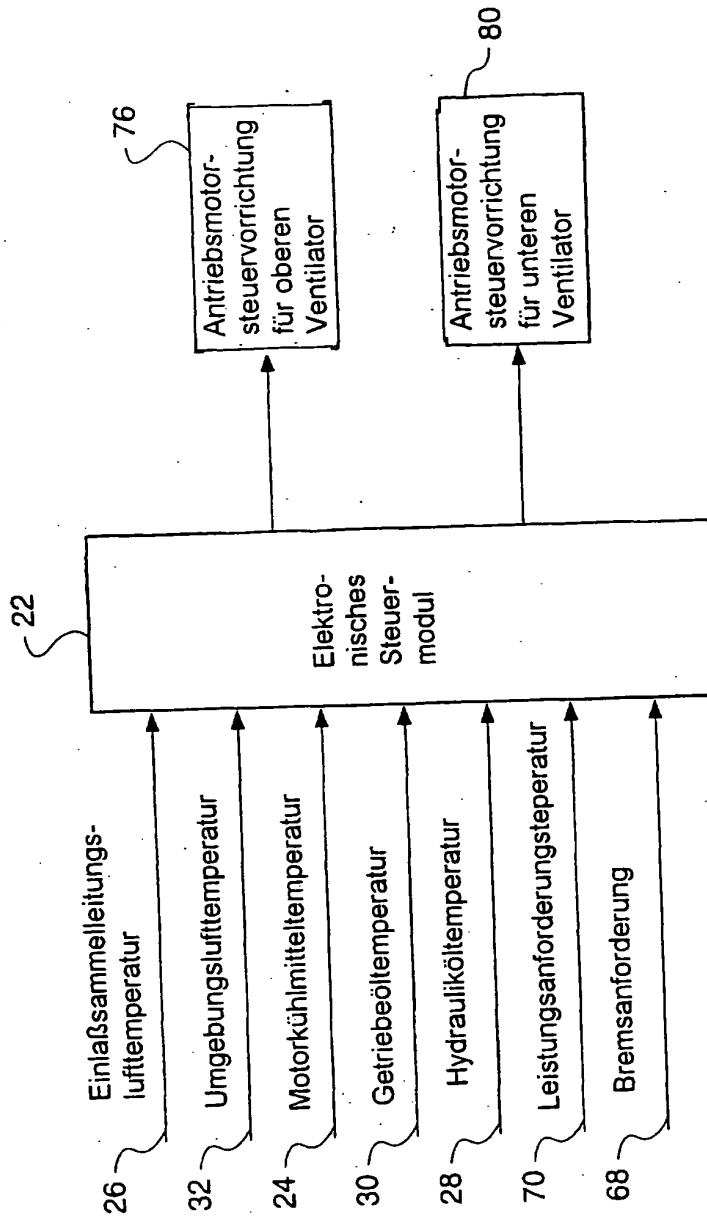
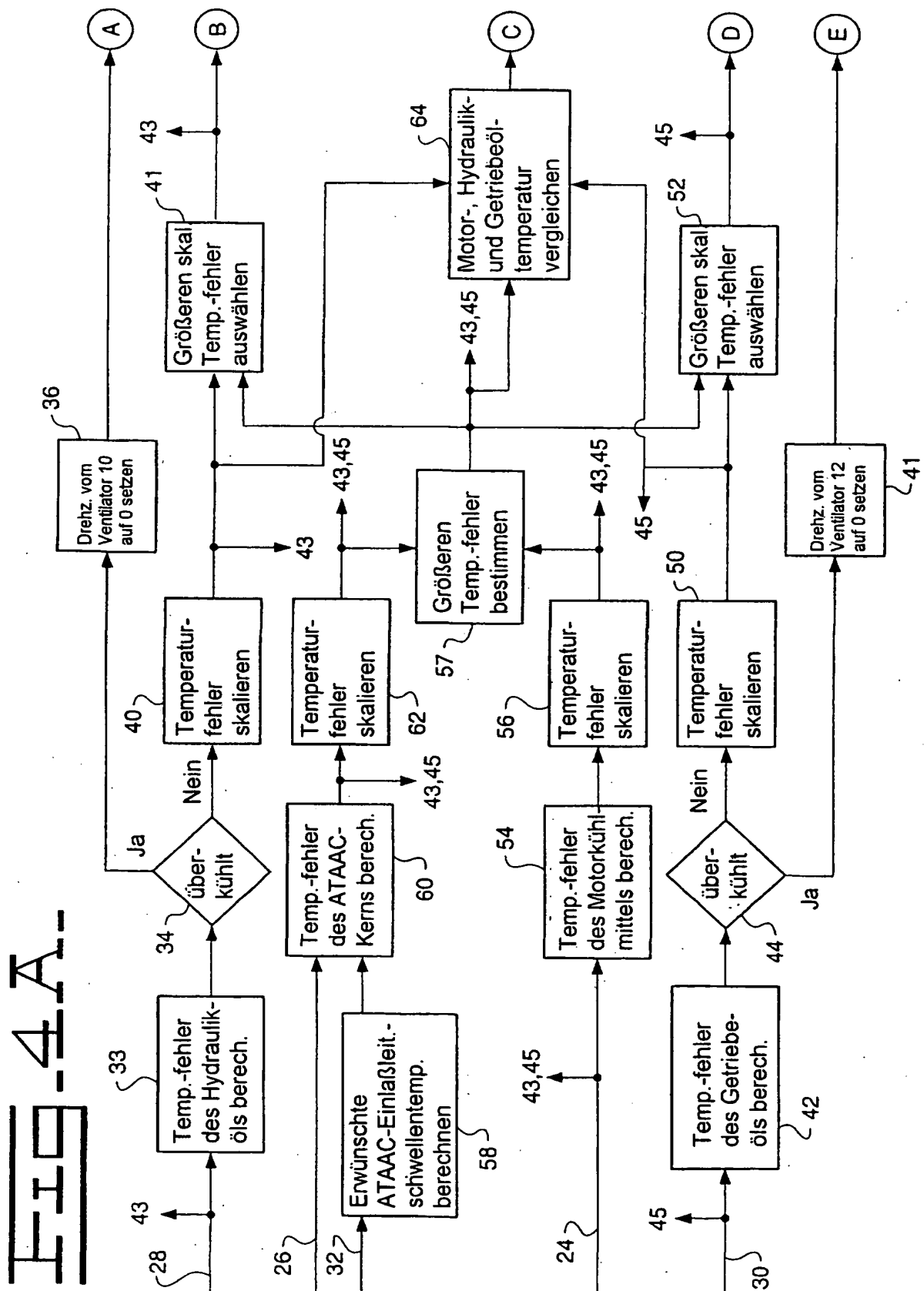


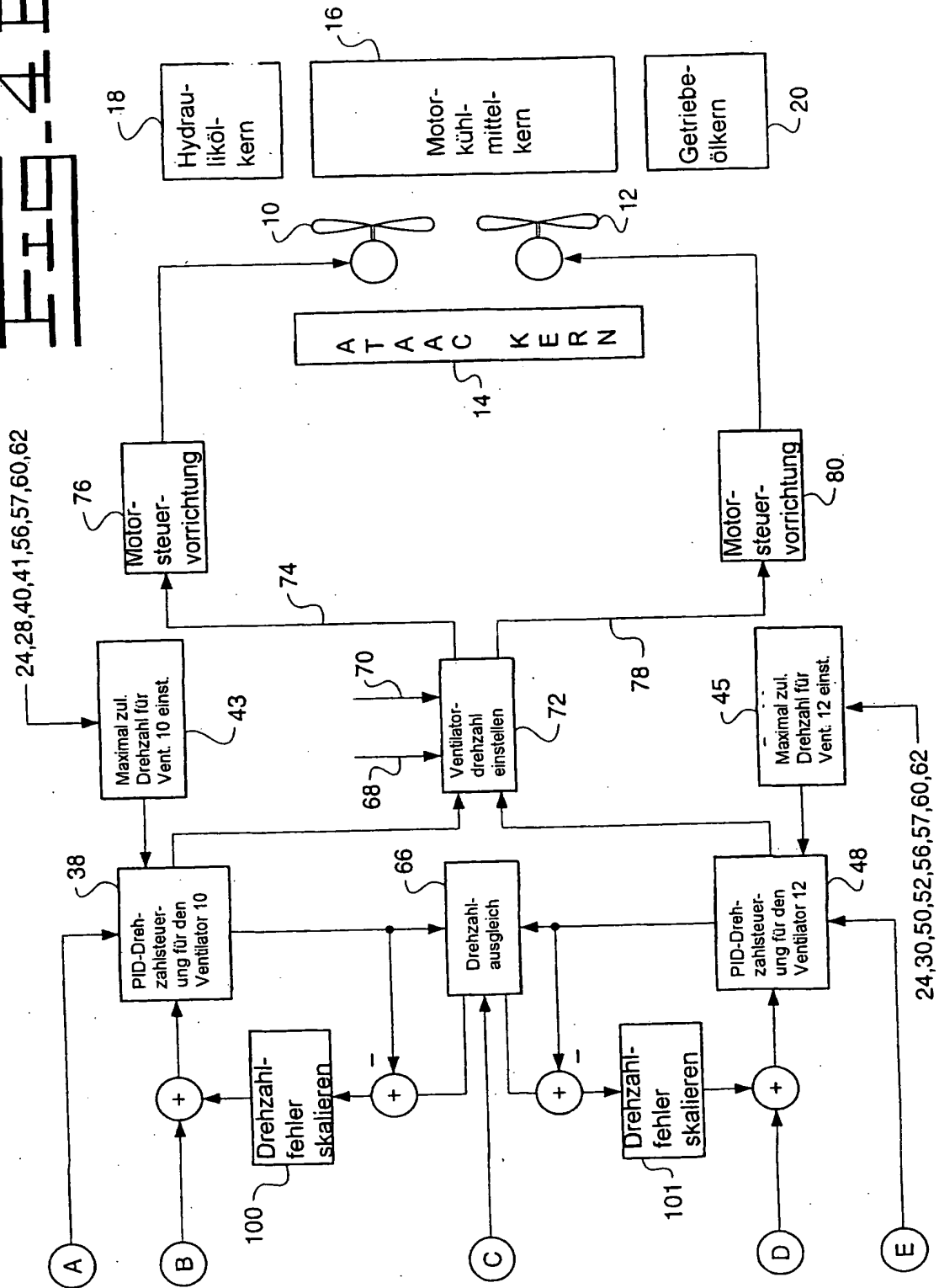
FIG. 3.





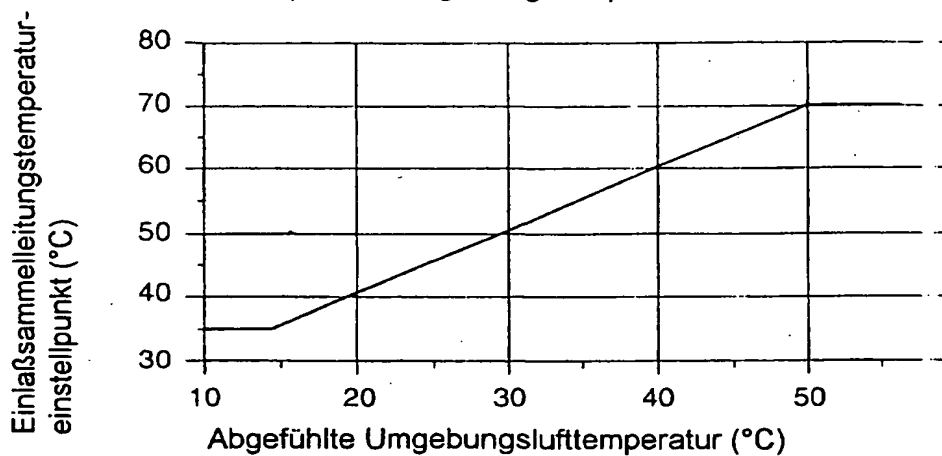


**Fig. 4B**



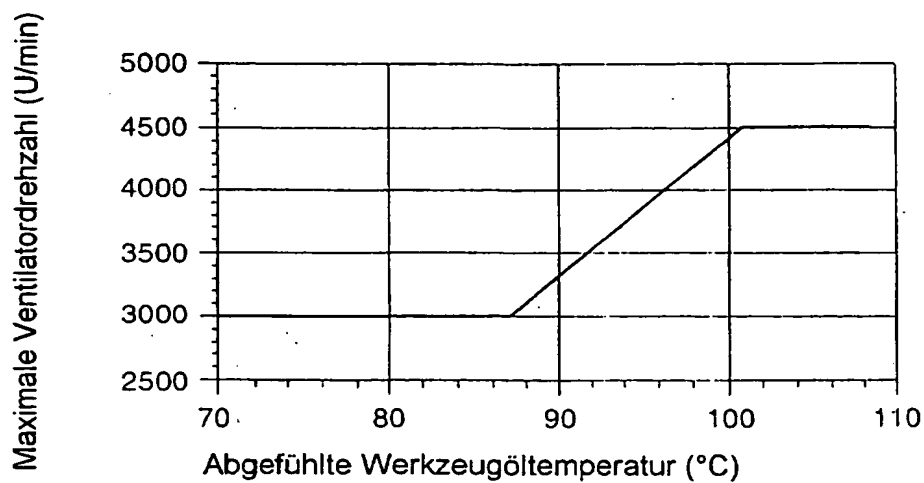
**Fig. 5**

Einlaßsammelleitungstemperatur-  
einstellpunkt / Umgebungstemperatur



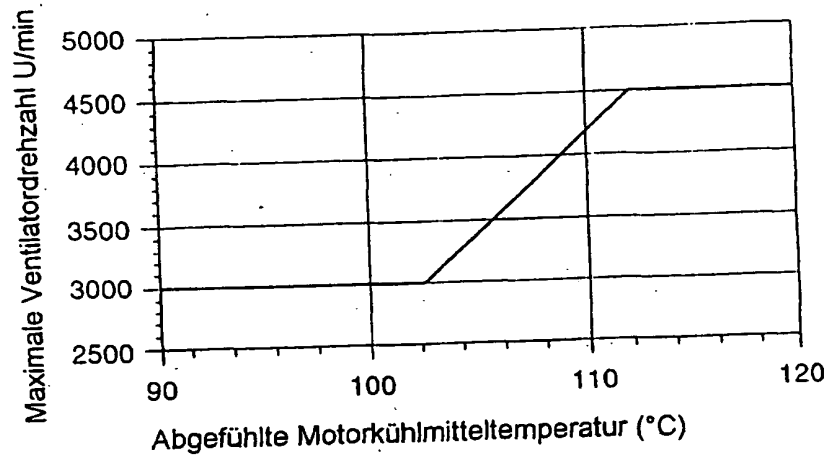
**Fig. 6**

Maximale Drehzahl / Werkzeugöltemperatur



**Fig. 7**

Maximale Drehzahl/Motorkühlmitteltemperatur



**Fig. 8**

Maximale Drehzahl/Temperaturfehler

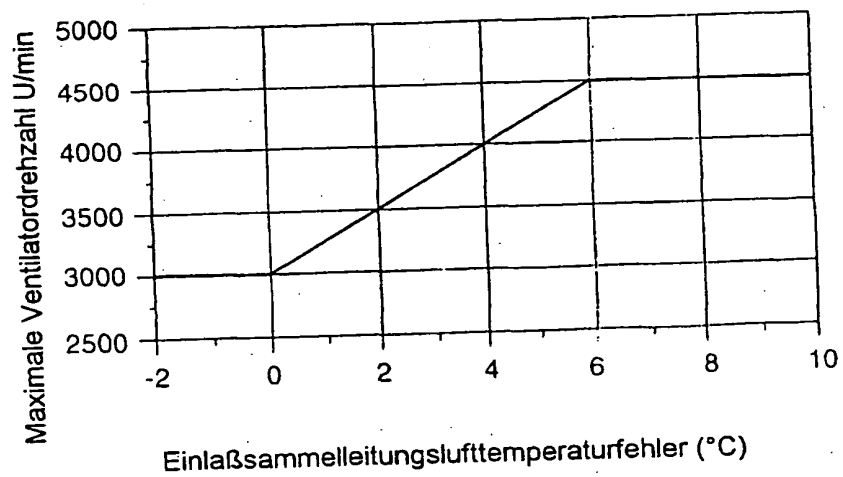


FIG. 9.

Maximale Drehzahl/Getriebeöltemperatur

